

## DS de chimie 4 – 13 Janvier 2022

▪Le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la **précision** et à la **concision** de la rédaction.

**Toute réponse doit être justifiée .**

▪Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre . \*

▪L'utilisation de la calculatrice n'est pas autorisée .

▪ Un soin particulier est attendu dans l'écriture des mécanismes réactionnels ; les formules utilisées dans les réponses aux questions devront obligatoirement être des représentations topologiques et faire apparaître les doublets non liants et les formes mésomères pertinentes des intermédiaires réactionnels s'il y a lieu.

Une représentation simplifiée des molécules peut être utilisée dans l'écriture des mécanismes réactionnels ou des équations de réaction mais, si c'est le cas, elle doit être clairement explicitée.

*Le sujet est constitué de 4 parties indépendantes*

## Première partie

## Document 1 – les oses

Les glycosides constituent une grande famille de molécules du vivant. Ce sont des biopolymères composés d'enchaînements de monosaccharides ou "sucres" liés par une liaison glycosidique. Selon la longueur de la chaîne constituée, on les nomme disaccharide (deux unités), oligosaccharides (quelques unités) ou encore polysaccharides (avec des masses molaires pouvant largement dépasser le million de  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ). Le ribose, représenté **schéma 1**, est un aldopentose (pentose du type aldose), c'est-à-dire un ose, monomère de glucide, constitué d'une chaîne de 5 atomes de carbone ainsi que d'une fonction aldéhyde. Le ribose joue un rôle important pour les êtres vivants en tant que composant de l'ARN (acide ribonucléique) ou de l'ATP (adénosine triphosphate), du NADH (forme réduite de la nicotinamide adénine dinucléotide), et de diverses autres molécules importantes dans les processus métaboliques. En solution aqueuse légèrement acidifiée, la forme linéaire acyclique est minoritaire (<1 %), l'isomère prédominant étant le  $\beta$ -D-ribofuranose (58,5 %), forme cyclique à 6 atomes représentée ci-après en projection de Haworth. À noter qu'il existe d'autres isomères cycliques tels que les ribofuranoses  $\alpha$  et  $\beta$  :

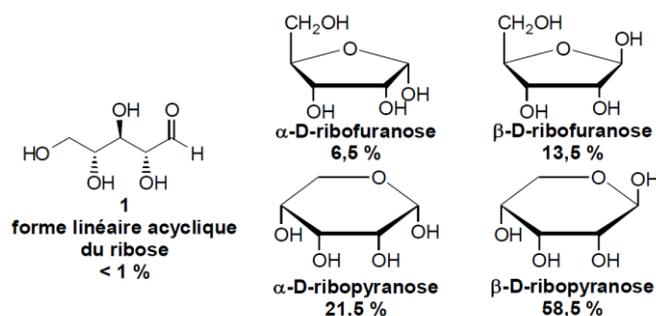


Schéma 1

Q1. Nommer la forme linéaire acyclique du ribose **1** en nomenclature systématique.

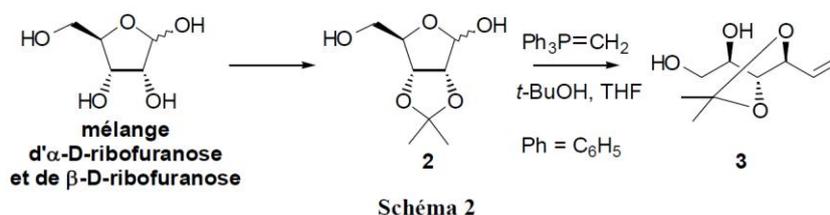
**Q2.** Nommer la réaction qui est à l'origine de la formation en solution aqueuse acidifiée, à partir de la forme linéaire acyclique **1**, des formes cycliques de type ribofuranose et ribopyranose. Proposer un mécanisme réactionnel conduisant à la formation de l'une de ces formes cycliques.

**Q3.** Préciser la relation de stéréochimie liant l' $\alpha$ -D-ribofuranose et le  $\beta$ -D-ribofuranose.

**Q4.** Quelle grandeur physique permet de suivre la transformation de l' $\alpha$ -D-ribofuranose en  $\beta$ -D-ribofuranose ? Relier cette grandeur physique à l'avancement chimique volumique de la transformation de l' $\alpha$ -D-ribofuranose en  $\beta$ -D-ribofuranose

### Synthèse du synthon **7** - Transformation du ribose

La synthèse de la (+)-synargentolide **B** ou de l'un de ses stéréoisomères débute par la préparation du composé **3**, à partir d'un mélange d' $\alpha$ -D-ribofuranose et de  $\beta$ -D-ribofuranose, selon la séquence réactionnelle suivante (schéma 2) :



**Q5.** Nommer la réaction conduisant à la formation de l'acétonide **2** et écrire son équation. Proposer, à partir des informations fournies dans le **tableau 1**, des conditions opératoires (réactifs, solvant, précurseur de catalyseur éventuel...) permettant de réaliser la transformation conduisant à l'acétonide **2** à partir du mélange de ribofuranose.

	Masse molaire (g·mol <sup>-1</sup> )	Densité à 20 °C	Température de fusion (°C)	Température d'ébullition (°C)
Ribofuranose	150	0,83	99	331
Propanone	58	0,78	- 95	56
2,2-diméthoxypropane	104	0,85	- 47	83
HCl 12 mol·L <sup>-1</sup>		1,19	- 26	48
APTS (*)	172	1,24	103	140
Eau	18	1	0	100
Benzène	78	0,88	5,5	80
Dichlorométhane	85	1,33	- 95	40

(\*) APTS : acide *para*-toluènesulfonique CH<sub>3</sub>-C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>-SO<sub>3</sub>H

**Tableau 1**

Les diagrammes isobares d'équilibre liquide – vapeur eau-benzène et eau-dichlorométhane présentent un point hétéroazéotrope dont la composition, exprimée en fraction massique en eau, et la température d'ébullition TH sont données dans le **tableau 2** :

Hétéroazéotrope	Fraction massique en eau	T <sub>H</sub>
Eau-dichlorométhane	1 %	38 °C
Eau-benzène	9 %	69 °C

**Tableau 2**

**Q6.** Nommer et expliquer l'intérêt du dispositif expérimental permettant d'optimiser usuellement la formation d'un composé tel que l'acétonide **2**. Ce dispositif peut-il être utilisé pour la transformation étudiée ? Argumenter votre réponse et conclure.

## Deuxième partie

L'acroléine (prop-2-éanal) est le plus simple des aldéhydes insaturés. Ce composé est très utilisé en synthèse organique puisqu'il peut réagir au niveau de la double liaison C=C, de la liaison C=O ou sur les deux groupes fonctionnels simultanément. L'acroléine peut ainsi participer à des réactions de Diels-Alder ou d'hétéro Diels-Alder.

De nombreuses recherches ont montré l'intérêt de l'acroléine dans la synthèse de nouveaux composés odorants.

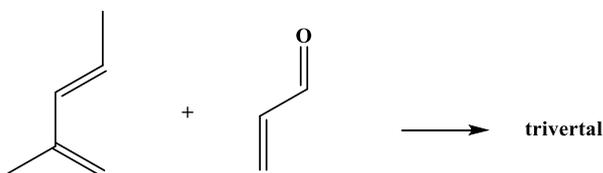


Figure 10

Des données sur les orbitales frontalières des réactifs sont indiquées en fin d'énoncé.

**Q7.** Proposer une représentation conventionnelle des orbitales frontalières du 2-méthylpenta-1,3-diène et de l'acroléine après les avoir identifiées.

### Q8. Réaction de Diels-Alder

Le trivertal 1 est le produit majoritaire obtenu par une réaction de Diels-Alder entre le 2-méthylpenta-1,3-diène et l'acroléine représentée figure 10.

**Q8a.** Représenter les produits régioisomères attendus.

**Q8b.** La réaction étant supposée sous contrôle orbitalaire, déterminer la structure plane du trivertal 1 en justifiant votre réponse.

**Q8c.** Préciser la stéréochimie du trivertal en justifiant votre réponse. Le trivertal obtenu par la réaction de Diels Alder est-il optiquement actif ?

### Q9. Réaction de rétro Diels-Alder

Des essais d'hétéro-Diels-Alder entre l'acroléine et le trivertal 1 ont échoué car, à la température de travail, l'acroléine polymérise, ce qui entraîne une forte augmentation de viscosité du milieu réactionnel. Il est donc apparu nécessaire de trouver un précurseur stable de l'acroléine. Le 1,3-dioxène présenté figure 11 en est un.



Figure 11 1,3 dioxène

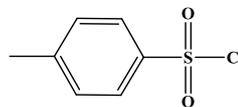


Figure 12 Chlorure de tosylo

La synthèse du 1,3-dioxène débute par une réaction entre le glycérol (propan-1,2,3-triol) et le méthanal en milieu acide. Deux acétals notés A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub> sont obtenus. Par action du chlorure de tosylo (figure 12) A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub> sont transformés en tosylates séparables par recristallisation dans l'éther éthylique. Par action du tertiobutanolate de potassium (base conjuguée du 2-méthylpropan-2-ol) dans le DMSO, l'un des tosylates subit une réaction d'élimination pour conduire au 1,3-dioxène.

**Q9a.** Donner les structures des deux acétals A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub> et proposer un mécanisme pour la formation d'un d'entre eux.

**Q9b.** Décrire l'opération de recristallisation et interpréter la séparation des deux tosylates.

**Q9c.** Donner la structure du tosylate conduisant au 1,3-dioxène après élimination.

**Q9d.** La conversion des acétals en tosylates est réalisée en présence de triéthylamine  $\text{Et}_3\text{N}$  et le mécanisme le plus vraisemblable est un mécanisme de type  $\text{S}_{\text{N}}2$  : décrire ce mécanisme et préciser le rôle de la triéthylamine.

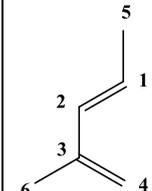
**Q9e.** Le 1,3-dioxène est un précurseur de l'acroléine car il peut subir une réaction de rétro Diels-Alder vers 125–130 °C. Proposer un mécanisme pour cette réaction.

**Orbitales frontalières de l'acroléine et du 2-méthylpent-1,3-diène**

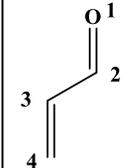
Pour les deux composés les orbitales frontalières sont des orbitales moléculaires  $\pi$  s'exprimant comme la combinaison linéaire d'orbitales 2p de chacun des atomes, les coefficients de cette combinaison linéaire sont indiqués dans les tableaux suivant :

Les paramètres  $\alpha$  et  $\beta$  ont des valeurs négatives .

Energie et coefficients des orbitales frontalières du 2-méthylpent-1,3-diène

		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	$E_1 = \alpha + 0,48\beta$	0,50	0,40	-0,31	-0,65	-0,23	0,14
	$E_1 = \alpha - 0,71\beta$	0,63	-0,34	-0,39	0,55	-0,16	0,10

Energie et coefficients des orbitales frontalières de l'acroléine

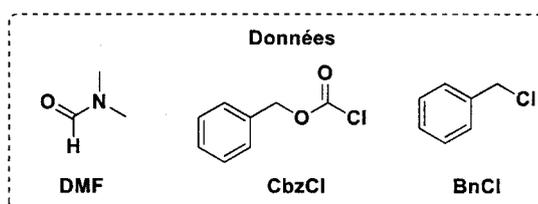
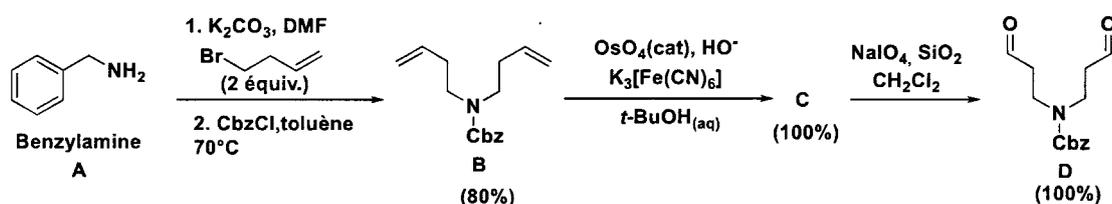
		O1	C2	C3	C4
	$E_1 = \alpha + 1,00\beta$	0,58	0,00	-0,58	-0,58
	$E_1 = \alpha - 0,35\beta$	0,43	-0,58	-0,23	0,66

## Troisième partie : extrait des synthèses de la (-)-quinine et de la (+)-quinidine

*Une banque de réactions de chimie organique est donnée en fin d'énoncé.*

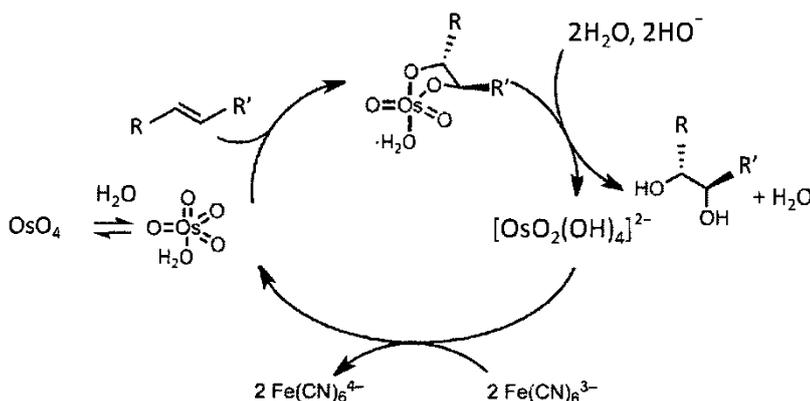
Depuis la première synthèse de la quinine en 1918 à partir de la quinotoxine obtenue par dégradation de la quinine naturelle, plusieurs synthèses ont été proposées par la communauté scientifique. Une des dernières en date est celle qui sera étudiée dans cette partie. Elle utilise comme précurseur la benzylamine **A**.

La première étape de la synthèse consiste à obtenir le composé **D** selon la séquence réactionnelle 1 décrite ci-dessous. Le passage de la benzylamine **A** au composé **B** s'effectue en 2 étapes, un composé **AB** est formé lors de la première étape. Ce dernier est alors engagé dans une deuxième étape qui permet de remplacer le groupement Bn par le groupement Cbz.



Séquence réactionnelle 1 : Synthèse du composé **D**.

Le mécanisme conduisant à la formation du composé **C** met en jeu le cycle catalytique suivant :



**Q10.** Représenter la structure du composé **AB** et proposer un mécanisme réactionnel rendant compte de sa formation.

On s'intéresse maintenant plus en détail au cycle catalytique permettant de former le composé **C**.

**Q11.** Indiquer la position de l'osmium (colonne et période) dans la classification périodique sachant que sa configuration électronique abrégée est :  $[Xe] 4f^{14}5d^6 6s^2$ .

**Q12.** Représenter un schéma de Lewis de  $OsO_4$  et  $[OsO_2(OH)_4]^{2-}$ . Les électrons des orbitales  $f$  ne seront pas pris en compte. Indiquer, en justifiant, leurs géométries respectives.

**Q13.** Indiquer le nombre d'oxydation de l'osmium dans  $\text{OsO}_4$  et  $[\text{OsO}_2(\text{OH})_4]^{2-}$ . Expliquer pourquoi le nombre d'oxydation de l'osmium dans  $\text{OsO}_4$  est particulièrement courant.

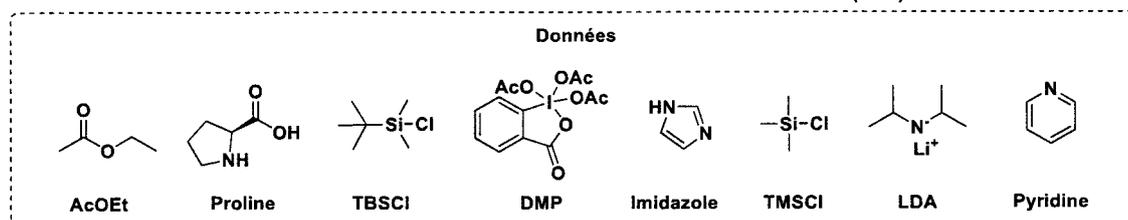
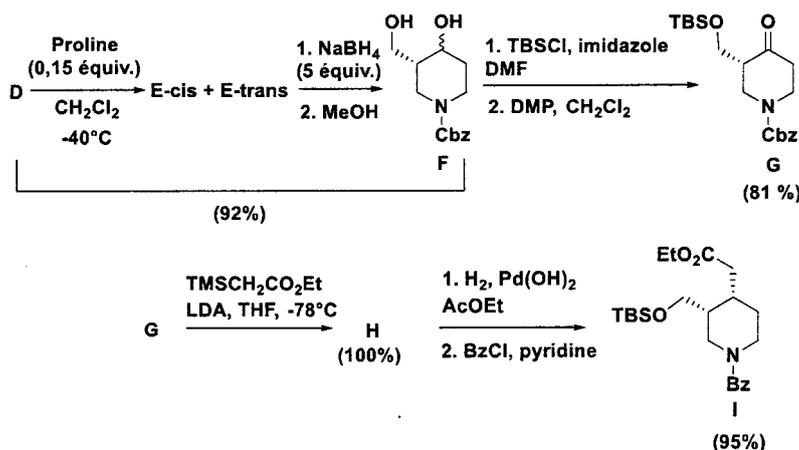
**Q14.**

**14a.** Écrire la demi-équation électronique associée au couple du fer mis en jeu dans le cycle catalytique. Indiquer le rôle et l'intérêt de cette réaction dans le cycle catalytique.

**14b.** Donner l'expression du potentiel standard d'oxydoréduction du couple du fer mis en jeu dans la réaction d'oxydation du cycle catalytique en fonction de  $E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+})$  et des  $\text{p}K_a$  des complexes mis en jeu. Déterminer la valeur de ce potentiel et discuter de celle-ci au regard de la question précédente.

**Q15.** En vous appuyant sur le cycle catalytique, représenter une structure pour le composé **C**. Représenter les différents stéréoisomères de **C** formés et indiquer la relation qui existe entre eux.

La synthèse se poursuit par l'obtention du composé **I** selon la séquence réactionnelle 2 représentée ci-dessous. Le composé **D** est mis à réagir dans le dichlorométhane  $\text{CH}_2\text{Cl}_2$  en présence de proline (catalyseur) pour former deux composés (**E-cis** et **E-trans**) par une réaction de cycloaldolisation énantiosélective. La formation du composé **H** à partir du composé **G** s'opère grâce à une réaction d'oléfination de Peterson dont le mécanisme est représenté sur la figure 9. **H** est obtenu sous la forme de 2 stéréoisomères. Le composé **I** est formé en 2 étapes à partir du composé **H**. Le composé formé à l'issue de la première étape est noté **HI**. **BzCl** correspond au chlorure de benzoyle.



\* DMP : Réactif de Dess Martin, oxydant

### Séquence réactionnelle 2 : Synthèse du composé **I**.

**Q16.** Sur la feuille annexe à rendre avec la copie, compléter le mécanisme réactionnel proposé pour la formation du composé **E** sans tenir compte de la stéréochimie.

**Q17.** En vous appuyant sur la structure du composé **F**, représenter une structure pour les composés **E-cis** et **E-trans** et indiquer la relation qui existe entre eux.

**Q18.** Le passage du composé **F** au composé **G** s'effectue en 2 étapes, expliquer le rôle de l'étape 1 et la nature de la transformation intervenant lors de l'étape 2.

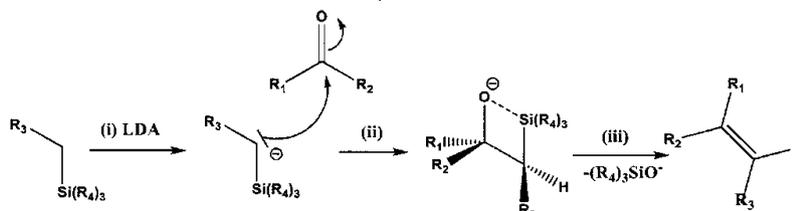


Figure 9 : Mécanisme réactionnel de la réaction d'oléfination de Peterson.

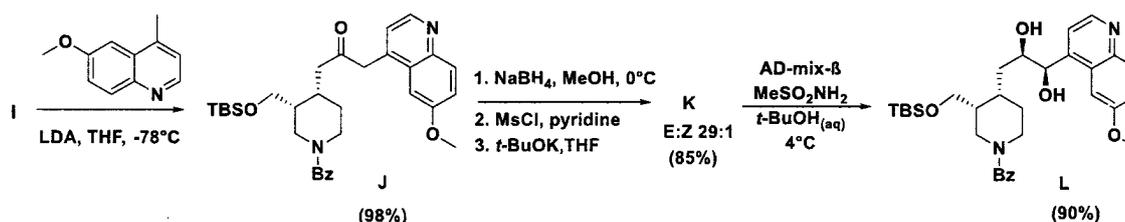
Q19. Proposer, à partir du mécanisme réactionnel de la figure 9, une structure pour les deux stéréoisomères du composé **H**.

Q20. Représenter une structure pour le composé **H1**.

Q21. Indiquer le double rôle de l'étape 1 lors de la formation du composé **I** à partir de **H**.

Le composé **L** est synthétisé à partir du composé **I** selon la séquence réactionnelle 3 décrite ci-après.

Le spectre RMN du proton du composé **K** majoritaire (diastéréoisomère *E*) dans  $\text{CDCl}_3$  est le suivant : 8,75 (d,  $J = 4,4$  Hz, 1H), 8,09 (d,  $J = 9,3$  Hz, 1H), 7,38 (m, 7H), 7,29 (d,  $J = 2,9$  Hz, 1H), 7,19 (d,  $J = 15,6$  Hz, 1H), 6,48 (dt,  $J = 15,6, 7,6$  Hz, 1H), 4,32 (m, 1H), 4,18 (m, 1H), 4,00 (s, 4H), 3,91 - 3,62 (m, 2H), 3,51 - 3,11 (m, 2H), 2,48 (m, 1H), 2,23 - 2,08 (m, 2H), 1,95-1,63 (m, 2H), 1,01 - 0,50 (large, 9H), 0,06 (large, 6H). s signifie singulet, d doublet, t triplet et m multiplet.



Séquence réactionnelle 3 : Synthèse du composé **L**. MsCl correspond au chlorure de méthanesulfonyle  $\text{CH}_3\text{SO}_2\text{Cl}$ .

Q22. Le passage du composé **J** au composé **K** s'effectue en 3 étapes qui peuvent être suivies chacune par spectroscopie IR. Analyser, en s'aidant de l'annexe 2, ces 3 étapes en reproduisant et remplissant le tableau ci-dessous.

Étape	Nature ou rôle	Bande(s) à suivre en IR (zone en $\text{cm}^{-1}$ )	Évolution de la (des) bande(s) IR
Exemple : X	Nature (ex : oxydation, acido-basique, cyclisation...) Rôle (ex : protection, déprotection, activation...)	Liaison C-C (1000 - 1250 $\text{cm}^{-1}$ )	Disparition / Apparition / Déplacement
1			
2			
3			

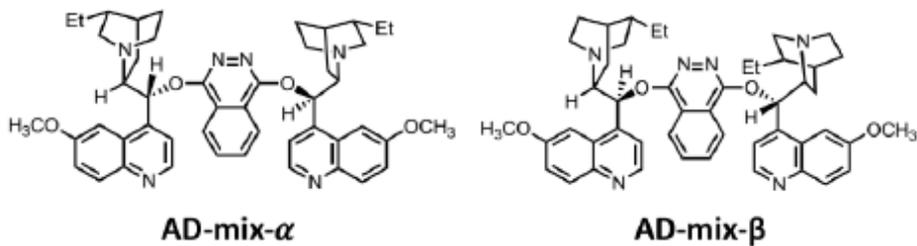
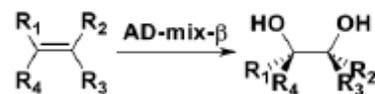
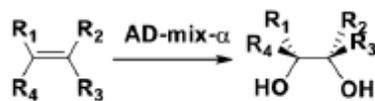
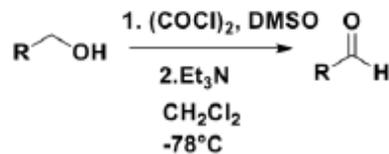
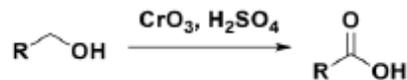
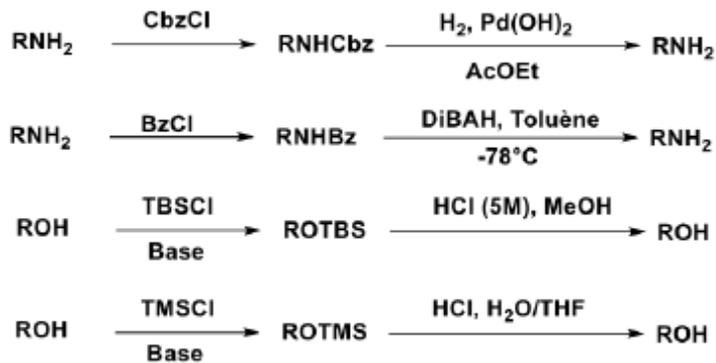
Q22. Représenter la structure du stéréoisomère du composé **K** majoritairement obtenu.

Q23. Indiquer le(s) signal (signaux) RMN du proton qui permet(tent) de conclure sur le stéréoisomère *E* du composé **K** majoritairement obtenu. Justifier leur multiplicité et indiquer comment ce(s) signal (signaux) se trouve(nt) modifié(s) dans le cas du stéréoisomère *Z*.

Finalement, une série de réactions à partir du composé **L** conduit à l'obtention de la (-)-quinine.  
Données :

- $\frac{RT \ln 10}{F} \simeq 0,06 \text{ V}$ .
- Potentiels standards d'oxydoréduction :  
 $E^\circ(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}) = -0,44 \text{ V}$  ;  $E^\circ(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,77 \text{ V}$  ;  $E^\circ(\text{IO}_4^-/\text{IO}_3^-) = 1,55 \text{ V}$  ;  $E^\circ(\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}) = 1,76 \text{ V}$ .
- Constante thermodynamique de dissociation :  
 $\text{p}K_D(\text{Fe}(\text{CN})_6^{3-}) = 42$ ,  $\text{p}K_D(\text{Fe}(\text{CN})_6^{4-}) = 35$ .

### Banque de réactions de chimie organique





**Q26.** Le constructeur indique que le spectromètre utilisé fonctionne à la fréquence de 300 MHz. Que signifie cette indication ?

**Q27.** Indiquer la valeur, en ppm, correspondant à l'écart entre deux signaux séparés par une différence de fréquence de 8 Hz à la fréquence de fonctionnement du spectromètre.

**Q28.** Les appareils les plus récents fonctionnent à des fréquences supérieures au gigahertz ( $10^9$  Hz). Quel est l'intérêt de travailler à de telles fréquences ? Quelle autre grandeur physique de l'instrument doit être modifiée lorsque la fréquence de fonctionnement du spectromètre augmente ?

Quelles caractéristiques d'un spectre de résonance magnétique nucléaire se trouvent modifiées (ou non) par ce changement de la fréquence de fonctionnement de l'instrument ?

**Q29.** Attribuer aux atomes d'hydrogène du chlorhydrate de Diltiazem, en justifiant votre réponse, les signaux qui apparaissent sous forme de singulets.

**Q30.** Attribuer aux atomes d'hydrogène du chlorhydrate de Diltiazem, en justifiant votre réponse, les signaux qui apparaissent sous forme de massifs complexes à 7,38 ppm et 6,92 ppm .

**Q31.** Attribuer aux atomes d'hydrogène du chlorhydrate de Diltiazem, en justifiant votre réponse, les signaux possédant une ou plusieurs constantes de couplage.

**Q32.** Peut-on attendre une modification des déplacements chimiques et des constantes de couplage des protons en travaillant sur le mélange racémique au lieu de l'énantiomère pur ? sur l'énantiomère du produit analysé ci-dessus ? Pour quelle raison ?

Même question en travaillant sur un diastéréoisomère du produit analysé ci-dessus .

#### **Synthèse de l'intermédiaire [4]**

La première étape de cette synthèse du chlorhydrate de Diltiazem utilise une réaction d'ouverture d'un époxyde (éther cyclique à trois atomes) par un nucléophile. Le mécanisme de cette réaction d'ouverture d'un époxyde [B] par un nucléophile [A] est donné figure 20 :

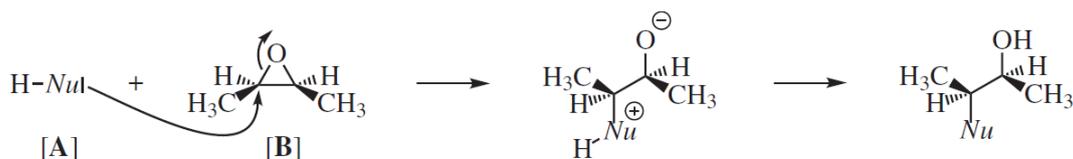


Figure 20 - Mécanisme d'ouverture de l'époxyde

La réaction du nucléophile sur l'autre atome de carbone du cycle (réaction équiprobable) conduit à l'alcool énantiomère.

Cette réaction possède une stéréochimie de type anti, c'est-à-dire que le nucléophile vient former la liaison avec l'atome de carbone en anti de la liaison carbone-oxygène rompue.

On s'intéresse à la réaction d'ouverture de l'époxyde de l'ester cinnamique [2] (stéréoisomères trans) par le nitrothiophénol [1], réaction représentée figure 21.

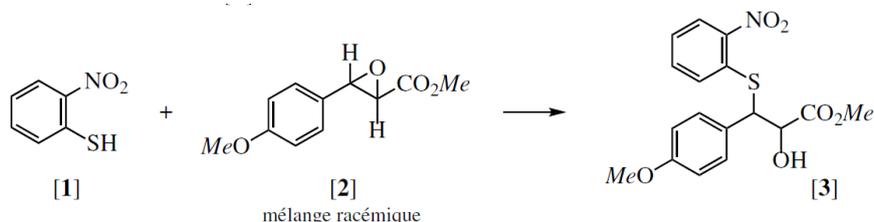


Figure 21-Première étape de la synthèse

**Q33.** Sur la base du mécanisme indiqué figure 20, donner le nombre et la structure des produits possibles lors de la réaction de l'époxyde [2] de stéréochimie trans avec le 2-nitrothiophénol [1]

Préciser la nature des relations d'isomérie entre ces différents produits.

*Dans les conditions employées, la réaction d'ouverture s'effectue selon un mécanisme ionique avec une protonation de l'époxyde par le thiol dans la première étape.*

**Q34.** Identifier les sites possibles de protonation de l'époxyde [2]. Donner la structure de l'acide conjugué [2'] de cette première étape.

La base conjuguée de [1] réagit ensuite sur l'époxyde protoné [2'].

**Q35.** Comparer les produits obtenus lors de cette réaction d'ouverture avec les produits écrits à la question 33. Quel type de sélectivité observe-t-on pour la formation de [3] ?

La sélectivité observée peut s'expliquer au moyen d'effets stériques ou électroniques.

**Q36.** Sur la base du seul encombrement stérique des atomes de carbone de l'époxyde, que peut-on attendre comme produit majoritaire d'ouverture ?

**Q37.** En analysant la structure de l'intermédiaire [2'], montrer qu'il est possible de mettre en évidence que les deux atomes de carbone de l'époxyde ne sont pas équivalents, et sur la base des effets électroniques, d'expliquer la sélectivité observée pour la réaction d'ouverture de l'époxyde.

L'alcool sulfure [3] est obtenu sous la forme d'un mélange d'énantiomères. Ces énantiomères sont séparés au moyen d'un agent de résolution chiral, la cinchonidine (figure 22).

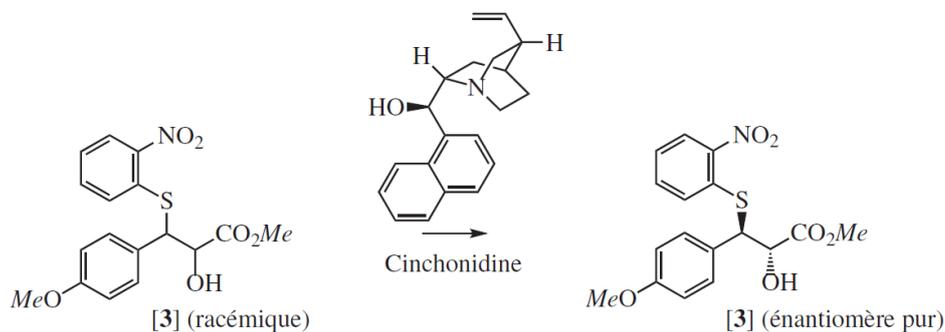
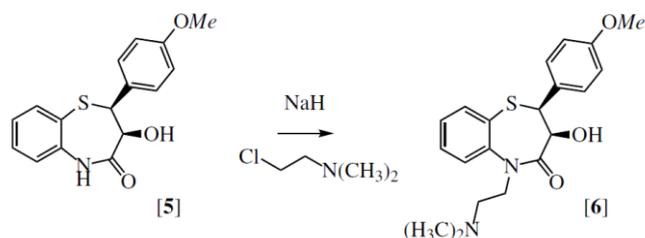


Figure 22 - Résolution du racémique [3] par la cinchonidine

**Q38.** Rappeler en quelques lignes le principe de la séparation d'énantiomères au moyen d'un agent de résolution chiral.

Par des étapes non détaillées ici, l'alcool 3 est transformé en composé [5] sur lequel on envisage la fixation d'une chaîne N,N-diméthylaminoéthyle sur l'atome d'azote de l'amide. Elle est réalisée comme suit :

Dans le diméthylsulfoxyde (solvant aprotogène polaire de constante diélectrique  $\epsilon_r = 46$ ), on place [5] et de l'hydruire de sodium (NaH). Lorsque le dégagement gazeux cesse (1 h), le 2-(N,N diméthylamino)chloroéthane ( $\text{ClCH}_2\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_2$ ) est ajouté et laissé réagir pendant 1 h 30 à 50°C. Après hydrolyse et extraction, le produit est purifié par chromatographie sur une colonne de silice pour conduire à [6], voir figure 16.



**Q39.** Indiquer le rôle de l'hydruire de sodium et donner la structure du produit issu de la réaction de l'hydruire de sodium sur l'amide. Justifier la stabilité de l'espèce formée .

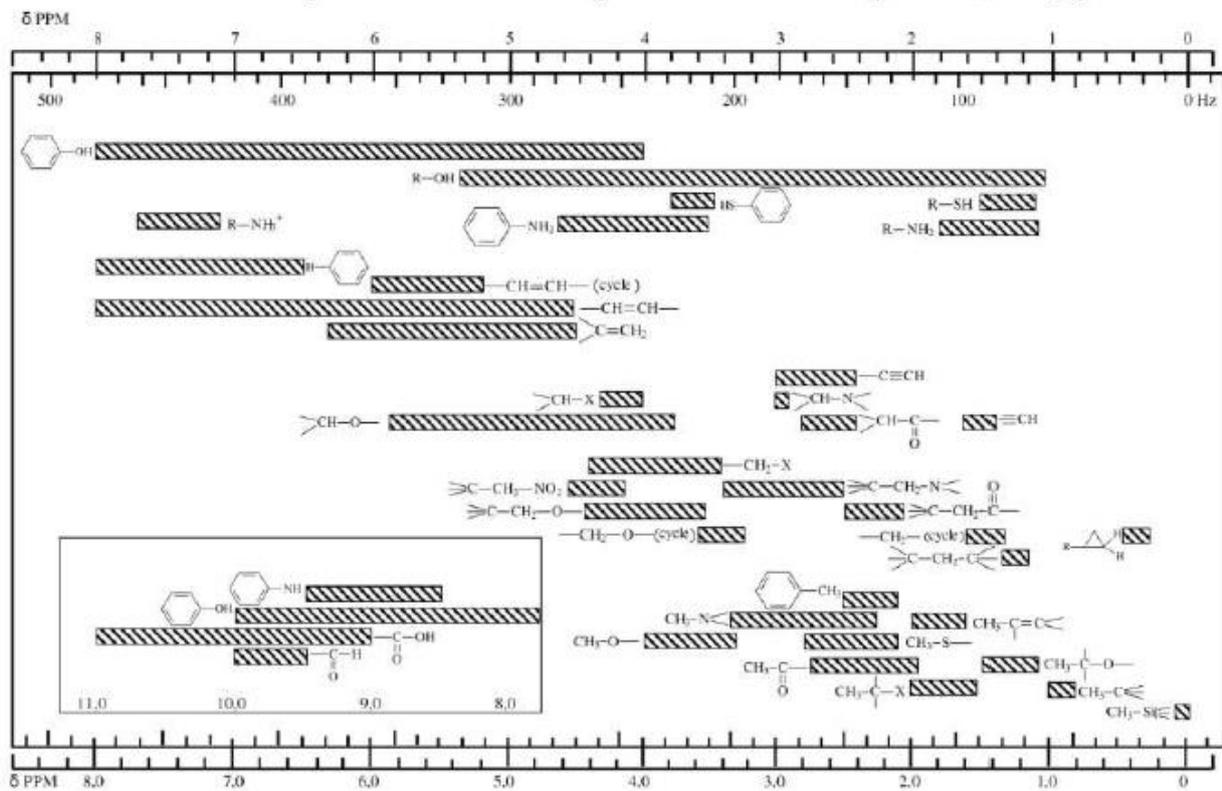
**Q40.** Expliquer le principe de la séparation au moyen m »thode chromatographique et indiquer succinctement le protocole expérimental d'une chromatographie sur couche mince (CCM).

*Le produit [6] est mis à réagir avec de l'anhydride acétique pendant 5 heures à 100 °C. On obtient le Diltiazem après extraction et purification.*

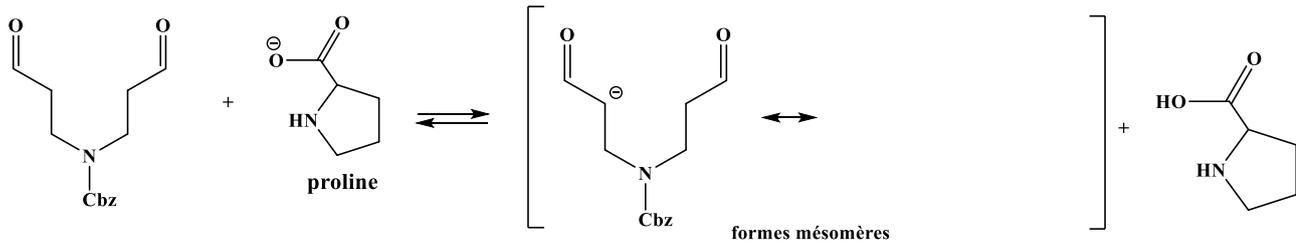
Table IR, en  $\text{cm}^{-1}$ .

Liaison	Groupe d'atomes caractéristique	Fonction ou famille	Nombre d'onde $\sigma$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Intensité
O-H (libre)	C-OH	Alcool	3580-3670	Forte
O-H (lié par liaison H)	C-OH	Alcool	3200-3400	Forte
	Carbonyle -COOH	Acide carboxylique	3200-3400	Forte
N-H	C-NH-	Amine, Amide	3100-3500	Moyenne
C-H	Cycle benzénique -C <sub>6</sub> H <sub>5</sub>	Composés aromatiques	3030-3080	Moyenne
		Alcane	2810-3000	Forte
		Alcène	3000-3100	Moyenne
C=O	Carbonyle	Aldéhyde, cétone	1650-1730	Forte
	Carbonyle	Acide	1680-1710	Forte
	CO-O-C	Ester	1700-1740	Forte
	CO-N	Amide	1650-1730	Forte
C=C		Alcène	1625-1680	Moyenne
C-O		Alcool, acide, ester	1050-1450	Forte
C-C		Alcane	1000-1250	Forte

Table de déplacements chimiques en RMN du proton, en ppm.



## Annexe : mécanisme de formation de E en milieu basique



Représenter une forme mésomère de celle écrite

